O USO DE GEOINDICADORES NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL DA BACIA DO RIBEIRÃO ANHUMAS, CAMPINAS/SP

Ederson Costa BRIGUENTI[1].
Archimedes PEREZ FILHO[2].

RESUMO

No contexto da atual e crescente discussão em torno da problemática ambiental, grandes centros urbanos mostram-se como palco principal de uma estreita relação existente entre a qualidade de vida e a degradação dos recursos naturais.

A área de estudo, a bacia do ribeirão Anhumas, localizada no município de Campinas/SP, se enquadra nesta perspectiva. Freqüentes impactos fluviais, aliados ao comprometimento das condições ambientais, mostram-se diretamente ligados à tendência histórico-espacial de expansão ocupacional da bacia, agravando, assim, sua realidade sócio-espacial.

Informações que reflitam de forma sistêmica as características ambientais de tal unidade territorial, tornam-se essenciais, pois, além de colaborarem na compreensão da relação sociedade-natureza local, fundamentam ações e medidas que busquem melhorias efetivas para as condições constatadas.

Desta forma, o objetivo principal do trabalho está baseado em proposta metodológica, que tem por finalidade avaliar a qualidade ambiental em diferentes áreas na bacia do ribeirão Anhumas, demonstrando a influência que estes locais sofrem e exercem sobre a sociedade. Essa avaliação será fruto da aplicação de geoindicadores quantitativos, subdivididos em indicadores de "Estado-Pressão-Resposta", de forma que integrem as informações e condições de diferentes ambientes.

A utilização de indicadores, a fim de quantificar a qualidade ambiental, foi realizada a partir da classificação de "Unidades Físico-Ambientais Integradas". O mapeamento dessas unidades teve como base principal as características geomorfológicas da bacia, que foram espacializadas a partir da sobreposição de dados físicos de forma integrada. Para tanto, a utilização de técnicas de geoprocessamento será fundamental para chegar aos objetivos propostos.

INTRODUÇÃO

O processo de urbanização, intensificado no Brasil nas ultimas décadas, resultou no município de Campinas/SP, um intenso crescimento, marcado pelo forte caráter especulativo do valor da terra urbana, que, através do parcelamento e a impermeabilização do solo, do revestimento e da canalização de canais, de obras de saneamento das bacias, da remoção da cobertura vegetal, juntamente a outras atividades e empreendimentos inerentes ao ambiente urbano, resultou em condições ambientais de suas bacias hidrográficas, que compromente o desenvolvimento municipal. Em Campinas, constantes inundações ocorrem ao longo dos principais cursos que drenam o município.

No município de Campinas, no dia 11/02/2003, a ocorrência de um evento climático extremo, registrou 157 mm de precipitação (Faz. Sta Elisa–IAC), o que correspondeu cerca de 82% das chuvas esperadas para o mês, sendo registrados pela Defesa Civil impactos de

1, Instituto de Geociências/Unicamp. Mestre em Geografia. ederson@ige.unicamp.br
22, Instituto de Geociências/Unicamp Prof. Doutor Titular. archi@ige.unicamp.br

diferentes intensidades. De acordo com os dados da Embrapa-CNPM, as áreas inundadas somaram 12,5% da área urbana, ocasionando degradação, mortes e prejuízos materiais. O caráter catastrófico da denominada "enchente do século" colaborou em alarmar graves problemas ambientais e habitacionais que a cidade necessita enfrentar. O desequilíbrio ambiental manifesto em tal evento concretizou a insuficiência de critérios de ocupação que considerem as características geomorfológicas de uma bacia urbana.

A área de estudo, a bacia do ribeirão Anhumas, localizada no município de Campinas/SP (figura 1), se enquadra nesta perspectiva. Freqüentes impactos fluviais, aliados ao comprometimento das condições ambientais, mostram-se diretamente ligados à tendência histórico-espacial de expansão ocupacional da bacia.

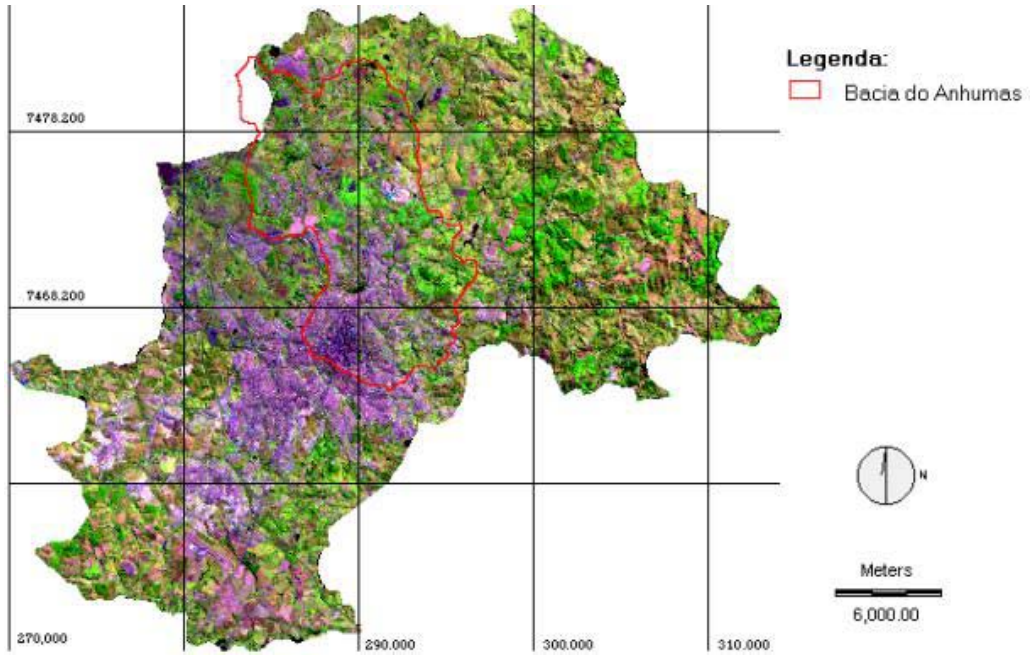


Figura 1. Localização da bacia do Anhumas no município de Campinas- imagem Landsat-TM.

Diante da necessidade de se tomar decisões com base em informações que reflitam de forma integradora as condições locais, a abordagem sistêmica, que busca a compreensão do ***todo*** de forma integrada, mostra-se como base metodológica plena, para integrar sistemas físicos e sócio-econômicos, visto que um sistema é concebido *"... como unidade global organizada de inter-relações entre elementos, ações ou indivíduos"* (Morin, 1977), onde, sua organização *"...de modo inter-relacional, liga elementos ou acontecimentos ou indivíduos que a partir daí, se tornam os componentes dum todo"* (Morin, 1977), *e seus "elementos interconectados funcionam compondo uma complexa entidade integrada"* (Christofoletti, 1999).

Acredita-se que tomadas de decisões, envolvendo gestão territorial, necessitam de ser priorizadas, não apenas em função de demandas sociais imediatas, mas sim, através de ações que envolvam peculiaridades físicas, assim como a influência que ambas exercem uma sobre a outra. Esta necessidade, por si só, justifica o presente trabalho

Fundamentando-se dos princípios teórico-metodológicos sistêmicos, pretende-se, avaliar a qualidade ambiental em diferentes áreas da bacia. Considera-se neste trabalho, a qualidade ambiental um reflexo das funções do ambiente físico para os seres humanos (Scope, 1995, citado por Latrubesse, 2002). Estas funções podem ser avaliadas através da idéia de sustentabilidade, pela qual as características dos elementos físicos são analisadas conforme a funcionalidade enfocada no fator ambiental Homem.

Desta forma, considerando os riscos ambientais existentes no processo de ocupação urbana de um sistema hidrográfico, tem-se, como principal objetivo, avaliar de forma quantitativa, a qualidade ambiental em diferentes unidades geossistêmicas da bacia do

ribeirão Anhumas, a fim de demonstrar a influência que a pressão de diferentes padrões de ocupação urbana exerce sobre as atuais condições ambientais. Espera-se também apontar a correlação entre a estrutura geomorfológica e a distribuição espacial dos diferentes padrões de ocupação. Estes indices poderão constituir uma base de dados que auxilie a tomada de decisões referentes ao direcionamento das questões territoriais.

MÉTODOS E TÉCNICAS

A definição de unidades geossistemicas foi obtida com a espacialização das particularidades topográficas da bacia. Desta forma o mapeamento dessas unidades que neste trabalho fora denominadas "unidades físico-ambientais integradas", teve como base os mapas de solo, rede de drenagem, formas do relevo e principalmente o mapa de declividade. Christofoletti (1999) ressalta que *"Os sistemas ambientais servem de suporte as atividades sócio-econômicas, cujas potencialidades constituem as bases para os programas de desenvolvimento sustentável".*

A utilização de geoindicadores vem de encontro a necessidade de desenvolver recomendações práticas para a coleta e analise de dados. Desta forma, a proposta deste trabalho, consiste em, considerando as particularidades de cada geoindicador, obter índices quantitativos, objetivando proporcionar uma análise e avaliação integrada e mais objetiva da qualidade ambiental de diferentes áreas da bacia. Este procedimento de avaliação seguirá o seguinte modelo (figura2).

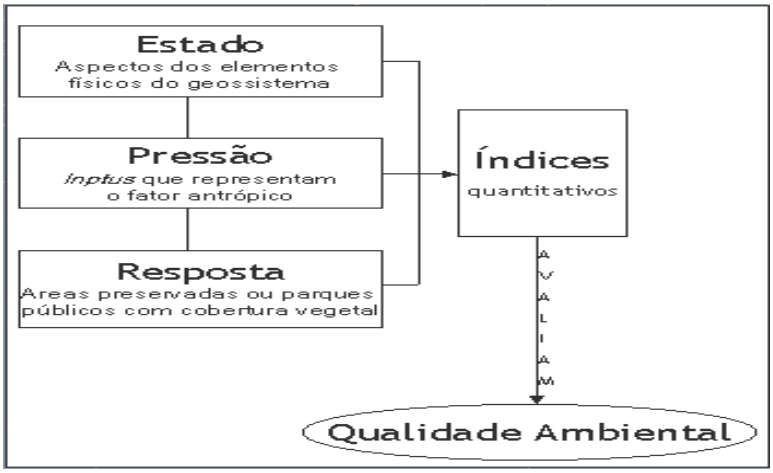


Figura 2. Modelo "Estado-Pressão-Resposta".

Este modelo fundamenta-se no conceito de causalidade, segundo o qual, as atividades humanas exercem ações (pressão) sobre o meio ambiente alterando sua quantidade e qualidade de recursos naturais (estado). A sociedade responde a essas mudanças através de políticas ambientais, econômicas e setoriais (resposta).

Com base no modelo de "pressão-estado-resposta" da OECD (1993) define-se como:

Indicadores de pressão: valores quantitativos que representam pressões exercidas pelas atividades humanas sobre o meio, causando modificações nos estados e quantidade de recursos naturais (relevo, hidrografia, solos e topografia);

Indicadores de estado: valores quantitativos referentes às características e ao estado dos aspectos físicos do ambiente natural, assim como à qualidade e quantidade de seus recursos naturais existentes (população, arruamento, domicílios, renda, escolaridade e destino do lixo);

Indicadores de resposta: são os indicadores que mostram as medidas da sociedade frente aos problemas ambientais, através de políticas adotadas como respostas para amenizá-los ou tentar solucioná-los (áreas verdes e parques urbanos).

Com o mapeamento das "unidades físico-ambientais integradas" e a aplicação de geoindicadores, buscou-se fundamentar a avaliação da qualidade ambiental como um conjunto de informações físicas e sócio-econômicas da bacia, demonstrando a pressão que as últimas exercem nas interações dinâmicas locais.

Para tanto, a utilização de técnicas de geoprocessamento será fundamental para chegar aos objetivos propostos. Neste trabalho os SIGs constituíram um importante apoio para trabalhar informação pelos processos informatizados, nas quais, muitas etapas dos procedimentos, foram realizados com o auxílio principalmente do aplicativo Spring 4.0.

Desta forma, este trabalho possui a seguinte proposta metodológica:

Analisar o geossistema como ***estrutura*** principal e a ação antrópica (elementos do sistema sócio-econômico) como principal ***processo***, resultando em uma interação que determinará as condições ambientais da bacia como um todo.

A bacia hidrográfica, como unidade territorial, define o limite do geossistema. A escolha da bacia permite um estudo mais apropriado da relação dos elementos do Geossistema com os elementos do sistema sócio-econômico, pois, possibilita constatar na escala local a influência dos agentes antrópicos sobre as condições ambientais do meio.

As formas de relevo, os tipos de solo, a declividade e a rede de drenagem da bacia hidrográfica estudada assumem importância fundamental, sendo a base na delimitação das unidades do geossistema.

As características das "unidades físico-ambientais integradas" representam, neste trabalho, a base para se obter os **indicadores de estado**, enquanto a definição de **indicadores de pressão** correspondem em elementos *inputs* que fazem parte do sistema sócio-econômico.

ÁREA DE ESTUDO

Aspectos Ocupacionais da Bacia

A bacia do ribeirão Anhumas, com uma área aproximada de 150 km2, teve suas classes de uso mapeadas e divididas conforme tabela abaixo (tabela 1). Com a interpretação desses dados, constatou-se que a bacia possui praticamente 50% de sua área urbanizada. Contrastando com este percentual, as áreas verdes e lagos somam apenas 5% da área total. Esses valores, analisados considerando a subdivisão da bacia em alto, médio e baixo curso, verificou-se que o alto curso possui cerca de 80% de sua área impermeabilizada, o médio curso 45% e o baixo curso com 30% de sua área urbanizada, deste 30%, ressalta-se que aproximadamente 9% representa áreas com urbanização menos consolidadas (classe: mediamente urbanizado).

Diante de tais dados, cabe destacar que o alto curso concentra a tendência de impermeabilização e verticalização, onde está localizada a região central da cidade de Campinas. Já o baixo curso (norte da bacia) apresenta uma tendência de processo de ocupação mais recente. Estes aspectos são representados com as porcentagens de ocupação urbana de cada curso, contidas no gráfico abaixo (figura 3).

Tabela 01. Representatividade das classes de ocupação urbana na bacia do ribeirão Anhumas.

Classes / Ocupação	Área (km2)	Área (%)
Densamente edificado	4,2	2,7
Densamente urbanizado	51,2	34,0
Mediamente urbanizado	13,1	8,7
Não urbanizado	74,0	49.2
Áreas verdes e parques	6,5	4.3
Lagos e represas	1,2	0,8
TOTAL	150,2	100

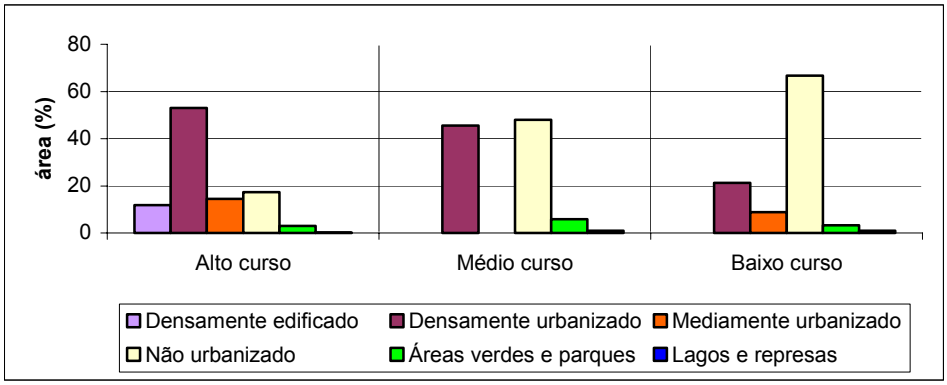
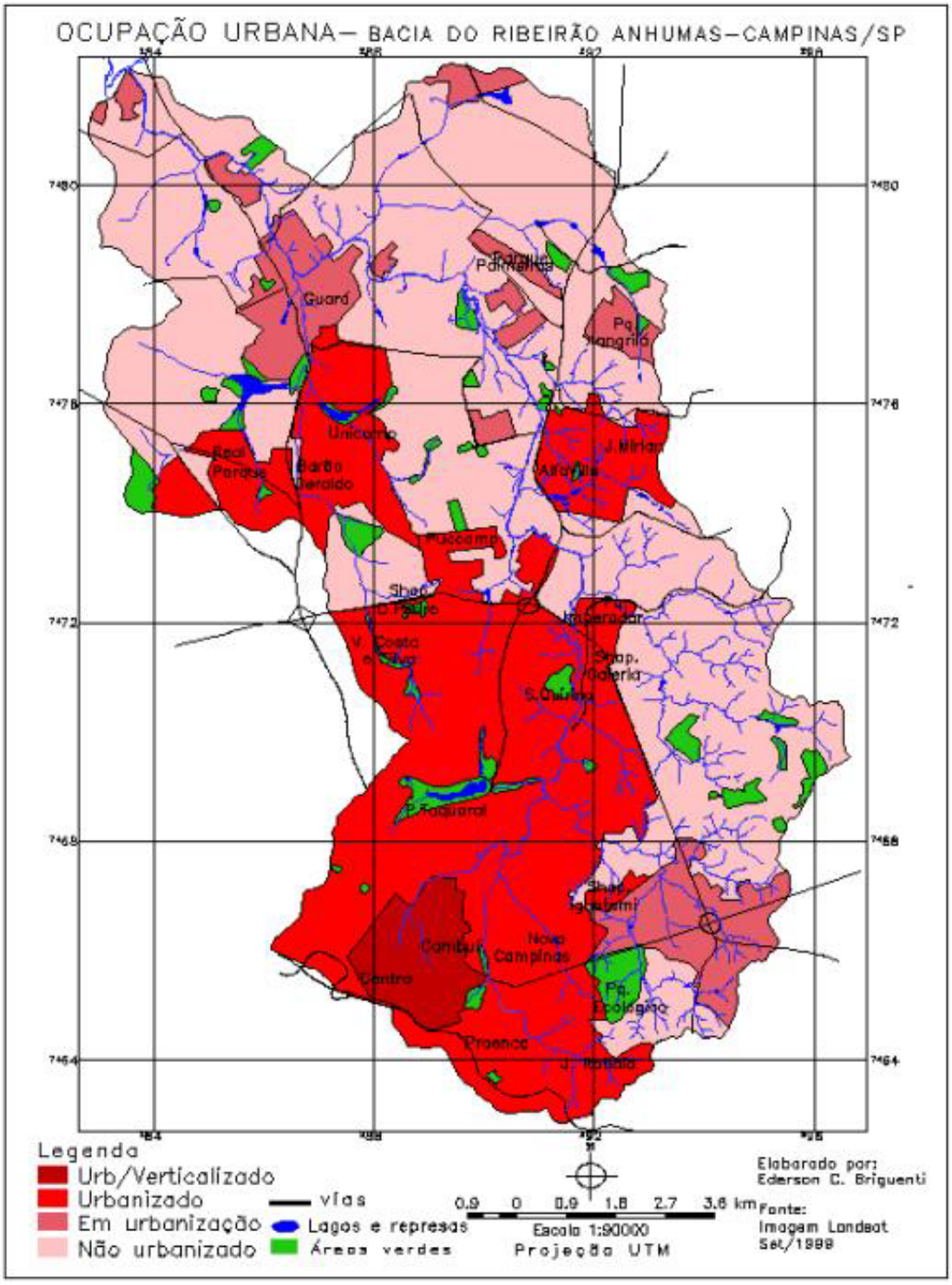


Figura 3. Gráfico da representatividade da ocupação urbana no alto, médio e baixo curso da bacia.

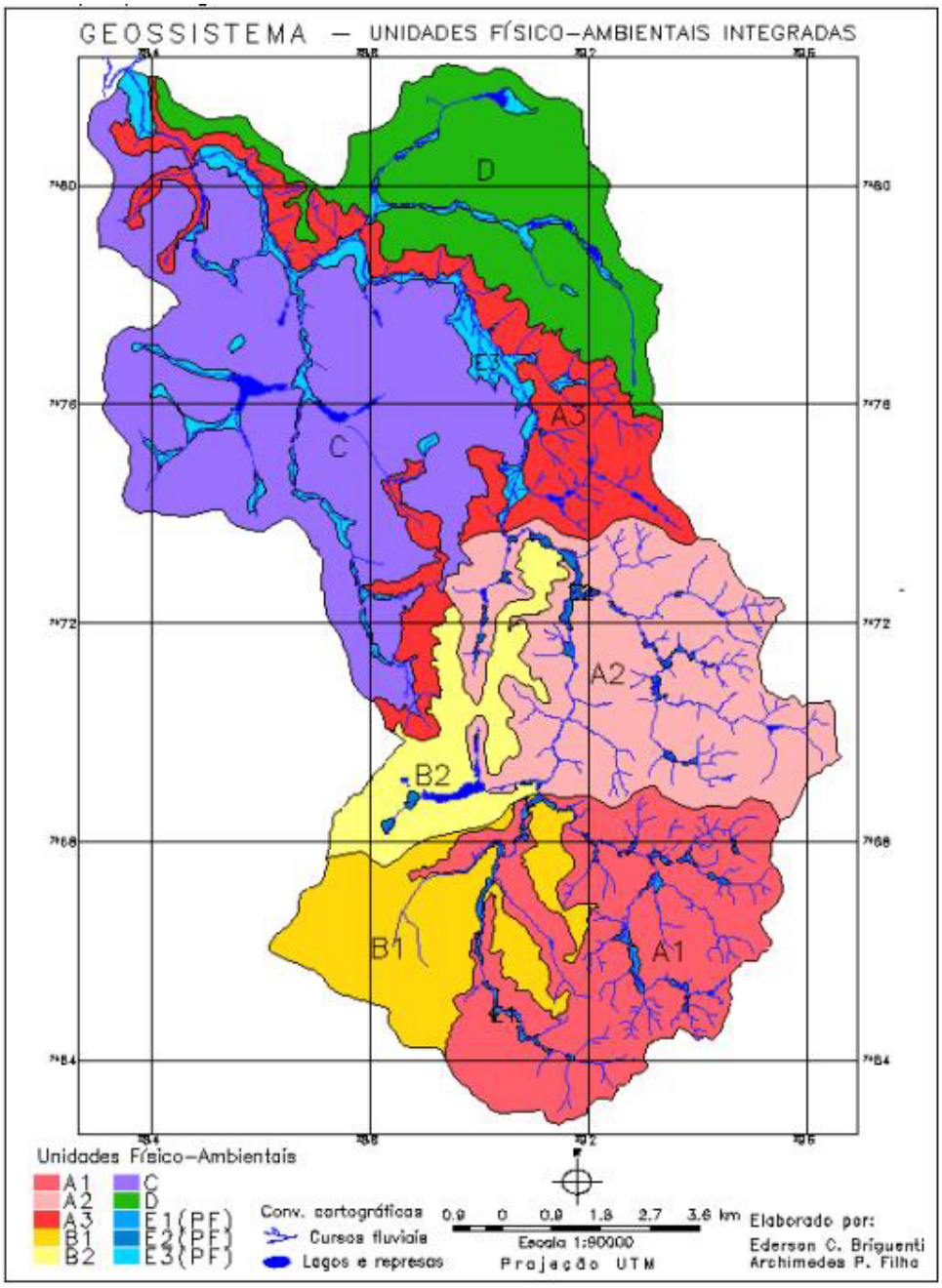


RESULTADOS

Espacialização e aspectos das "unidades físico-ambientais integradas"

A fim de utilizar indicadores quantitativos para se chegar a índices de avaliação qualitativa de diferentes áreas, o trabalho basea-se na subdivisão do território, em combinações de aspectos físico-naturais, definindo o que denominamos de "unidades físico-ambientais integradas" da bacia do ribeirão Anhumas. Estabelecendo correlações de dados hidrográficos, topográficos, pedológicos e geomorfológicos, gerou-se um único produto cartográfico subdividido em unidades que reúnem, através de uma abordagem de análise integrada, informações sintetizadas. Estas unidades estão representadas no mapa abaixo.

As unidades, com suas características específicas, foram denominadas: *A1, A2, A3, B1, B2, C, D, E1, E2* e *E3*. As unidades com sigla *E* referem-se à forma da unidade geomorfológica Planície Fluvial. As outras siglas não possuem referências em relação as suas características. Os números *1*, *2* e *3*, identificam a localização das unidades, referindo-se respectivamente, alto, médio e baixo curso. As unidades *C* e *D* não receberam a numeração, por estarem apenas no baixo curso.



Abaixo segue uma matriz (tabela 02), que resume a descrição envolvendo as características dos elementos físicos de cada "unidade físico-ambiental integrada":

Tabela 02. Aspectos físicos das "unidades físico-ambientais integradas" da bacia do Anhumas.

Unidades	Curso	Área (%)	Classes de declividade	Formas do relevo	Solos	Padrão de drenagem	Densidade de rios	Classes hipsométrias
A1	Alto curso	15,55%	6-12 (35%) 12-20 (31%) 20-45 (15%)	Morrotes Colinas pequenas Colinas médias	Podzólico Vermelho-Amarelo	Dendrítica	3,60	IV (670-710): 40% V (710-750): 37% VI (750-790): 11%

A2	Médio curso	16,60%	6-12 (38%) 12-20 (31%) 20-45 (13%)	Morrotes Colinas médias	Podzólico Vermelho-Amarelo	Dendrítica	3,13	III (630-670): 33% IV (670-710): 38% V (710-750): 17%
A3	Baixo curso	10,88%	6-12 (43%) 12-20 (32%) 20-45 (9%)	Morrotes Colinas médias Colinas amplas	Podzólico Vermelho-Amarelo e Podzólico Vermelho	Dendrítica	3,36	II (590-630): 31% III (630-670): 26% IV (670-710): 25%
B1	Alto curso	8,10 %	0-3 (21%) 3-6 (43%) 6-12 (32%)	Colinas médias Colinas amplas	Latossolo Vermelho	Paralela	0.25	III (630-670): 10% IV (670-710): 54% V (710-750): 34%
B2	Médio curso	5.46 %	0-3 (20%) 3-6 (27%) 6-12 (47%)	Colinas médias Colinas amplas	Latossolo Vermelho	Paralela	0,24	III (630-670): 19% IV (670-710): 62% V (710-750): 17%
C	Baixo curso	25,42%	0-3 (28%) 3-6 (31%) 6-12 (35%)	Colinas amplas Colinas médias	Latossolo Vermelho e Latos-Solo Vermelho-Amarelo	Paralela	0.35	I (550-590): 8% II (590-630): 56% III (630-670): 27%
D	Baixo curso	12,76%	0-3 (35%) 3-6 (35%) 6-12 (26%)	Colinas amplas Colinas médias	Latossolo Vermelho e Latos-Solo Vermelho-Amarelo	Paralela	0.16	II (590-630): 50% III (630-670): 37% IV (670-710): 9%
E1	Alto curso	0.6 %	0-3 (93%) 3-6 (7%)	Planícies fluviais	Gleissolos	Forma do canal: Retilíneo	0	III (630-670): 54% IV (670-710): 42% V (710-750): 3%
E2	Médio curso	0,53 %	0-3 (90%) 3-6 (10%)	Planícies fluviais	Gleissolos	Forma do canal: Retilíneo	1	II (590-630): 44% III (630-670): 46% IV (670-710): 9%
E3	Baixo curso	4,10 %	0-3 (93%) 3-6 (7%)	Planícies fluviais	Gleissolos	Forma do canal: Meandrico	2,30	I (550-590): 56% II (590-630): 37% III (630-670): 6%

Perfil Topográfico

Através da elaboração e análise dos perfis topográficos, foi possível demonstrar as diferenças físicas relacionadas à rede de drenagem, entalhamento de canais, rugosidade, declividade, formas e outros aspectos morfométricos que definem e caracterizam conjuntos de formas de relevo semelhantes e distintas (figuras 4, 5 e 6).

Na análise de tais perfis é importante destacar a diferenciação existente entre os estreitos vales do alto curso (sendo formados por controle estrutural), os vales encaixados predominantes no médio curso e os amplos e extensos vales localizados no baixo curso.

Alto Curso

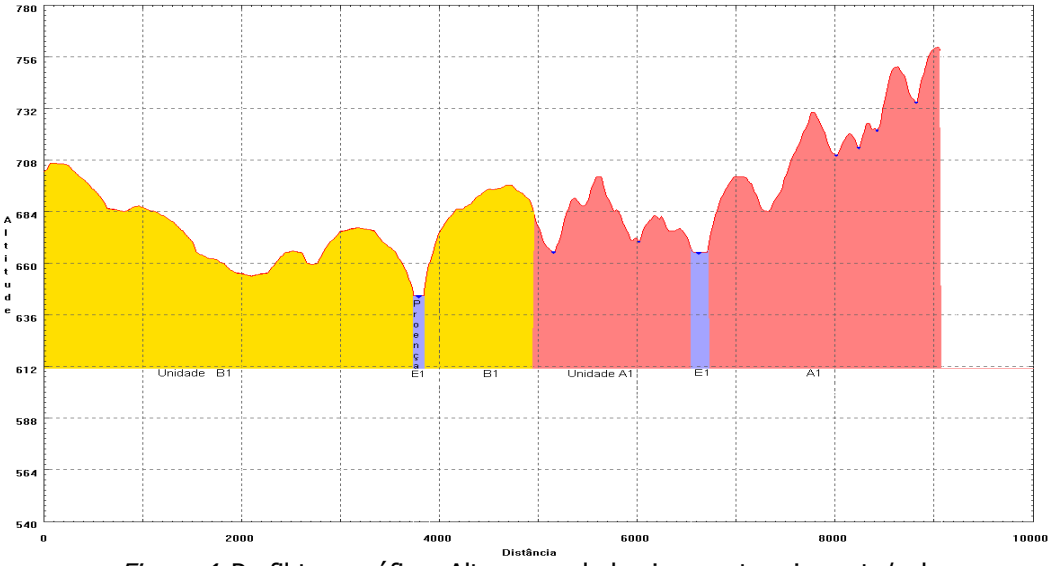


Figura 4. Perfil topográfico: Alto curso da bacia – corte: via norte/sul

Médio Curso

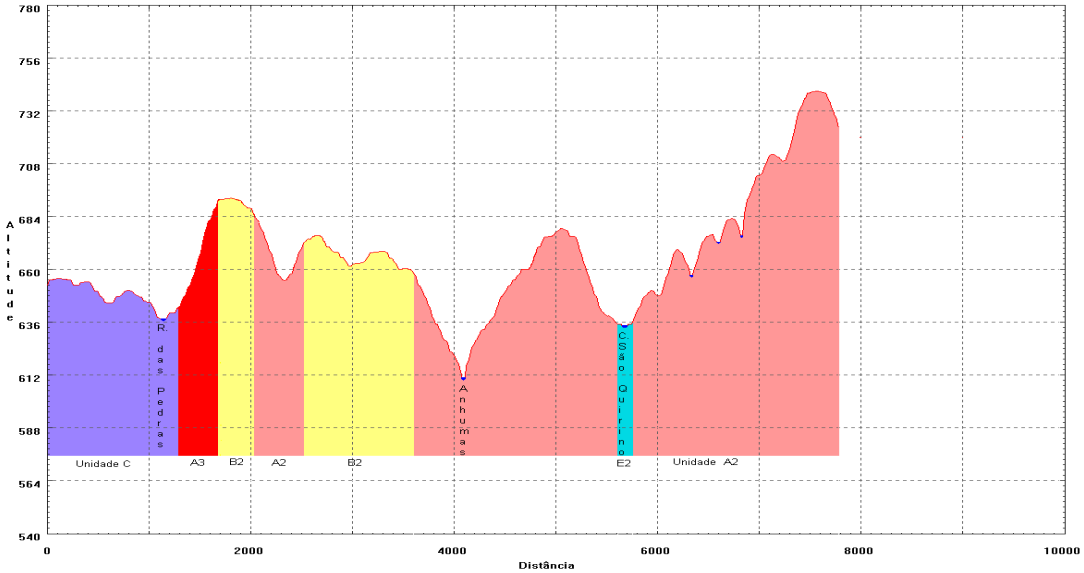


Figura 5. Perfil topográfico: Médio curso da bacia – corte: rua Moscou

Baixo curso

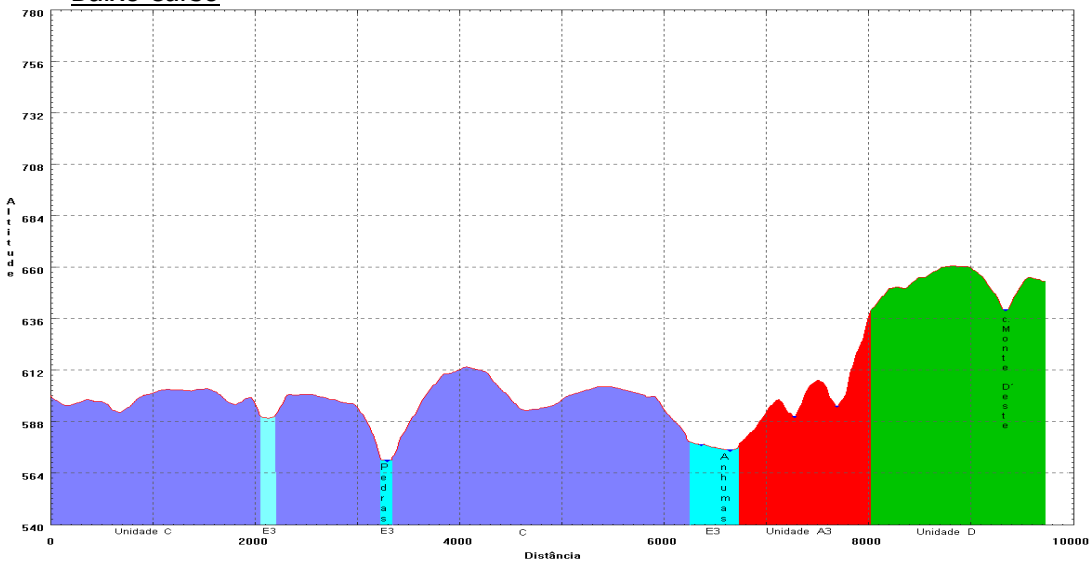


Figura 6. Perfil topográfico: Baixo curso da bacia– corte: Cidade Universitária

Geoindicadores de Estado

Como indicadores de estado são utilizadas as variáveis e particularidades dos aspectos físicos, que compuseram a base do mapeamento do Geossistema.

Ross (1990 p.73), utilizando graus de dissecação do relevo, trabalha a intensidade de rugosidade topográfica, como principal indicador da fragilidade natural que um ambiente possui. Em seu trabalho, Ross (1990), ao considerar a relação intrínseca entre as formas de relevo e a rede de drenagem, utiliza, numa abordagem quantitativa, valores de densidade de drenagem e densidade hidrográfica combinados a classes de declividade, para chegar a hierarquização dos índices de dissecação do relevo. Os índices de dissecação ou rugosidade do relevo, por sua vez, constituem a principal referência na definição de diferentes graus de fragilidade potencial que o ambiente natural apresenta, através de pesos qualitativos. O autor também discute sobre graus da fragilidade natural, baseados nos diferentes tipos de solo e formas do relevo.

A metodologia e os resultados do estudo citado colaboraram nos critérios para definição dos índices dos geoindicadores de estado, proporcionando uma análise das características físicas do ambiente, face às atividades antrópicas e ao escoamento superficial das águas pluviais. Estabeleceram-se valores de 0 a 1 para cada situação das diferentes variáveis das unidades físico-ambientais da bacia, envolvendo as características das classes de declividade, rede de drenagem, formas do relevo e tipos de solo.

Drenagem – Densidade hidrográfica

Os valores de 0 a 1, referentes ao geoindicador rede de drenagem, foram estipulados utilizando a densidade hidrográfica de cada unidade. Assim, os índices foram obtidos através dos valores contidos na tabela 03:

Tabela 03. Aspectos da rede de drenagem das unidades físico-ambientais

Unidades	Área (km2)	Número de nascentes	Densidade hidrográfica
A1	23,22	85	3,6
A2	25,17	79	3,1
A3	16,65	56	3,3
B1	12,25	3	0,25
B2	8,3	2	0,24
C	37,47	13	0,35
D	18,85	3	0,16
E1	0,95	0	0
E2	0,86	1	1
E3	6,5	15	2,3
Bacia	150,25	257	1,7

Tipos de solo

Considerando as informações pedológicas existentes na bacia, foram identificados diferentes classes de tipos de solo (Latossolos, Argisolos e Gleissolos) e quantificadas em função do maior ou menor grau de fragilidade à erodibilidade, face às suas propriedades físicas (saturação, textura, profundidade e drenagem interna do perfil) e, sobretudo, ao escoamento superficial das águas pluviais. Desta forma os índices foram valorados na escala de 0a1, sendo os valores próximos aos últimos, aqueles que possuem melhores condições de uso e ocupação.

Declividade

O fator da declividade mostra-se diretamente ligado à ocorrência de impactos ambientais. Quanto maior se caracterizar o declive do terreno, maior será a velocidade do escoamento da água sobre esta superfície, e conseqüentemente, maior sua instabilidade. As áreas adjacentes com menor declividade, por sua vez, serão vítimas do problema da sobrecarga do escoamento das águas, favorecendo o seu acúmulo e potencializando impactos ambientais. Sendo assim, as diferenças de declive de um relevo representam categorias particulares de uma paisagem, pois identificam e caracterizam as diferentes formas e processos atuantes (representados pelo domínio do escoamento superficial em relação aos demais processos) e materializam as relações das forças produtivas e as transformações que compõem a paisagem.

Somado a estas considerações, o fator declividade ganha importância como elemento central na espacialização das unidades do geossistema (mais do que o fator tipos de solo), pelo fato de a bacia pesquisada possuir cerca de 50% de sua área urbanizada, estando estas áreas praticamente impermeabilizadas (ausência de infiltração) por ruas, casas, quintais, calcadas, etc. Diante de tais condições o escoamento superficial destaca-se em estudos que envolvam a compreensão das condições e impactos ambientais. Representando a topografia do terreno, através da classificação da declividade, abordam-se conseqüentemente, suas relações processuais e derivações antrópicas.

Foram adotadas para o estudo da bacia do Anhumas as seguintes classes e cores:

A - 0 a 3 % B - 3 a 6 % C - 6 a 12 % D - 12 a 20 % E - 20 a 45 % F - > 45%

Os valores do geoindicador relacionado ao declive do terreno foram obtidos com a representatividade das classes de declividade de cada unidade ambiental. Estes valores foram obitidos através do cruzamento da carta de declividade com a mapa de unidades ambientais, aqui denominado geossistema.

Formas do relevo

Através do mapeamento geomorfológico de Campinas, realizado na escala 1:50.000 pelo IPT, foram delimitadas e caracterizadas unidades geomoforlógicas para a bacia do Anhumas (Pires Neto et al, 1993). Estas unidades, reconhecidas aqui como unidades de forma de relevo, foram adaptadas e caracterizadas a fim de contribuírem na análise das particularidades físicas das unidades sistêmicas. Com o cruzamento do mapa de formas de relevo com as unidades geossistemicas, obteve-se os valores de tal geoindicador, através das porcentagens apresentadas em cada unidade.

Geoindicadores de Pressão

Os indicadores de pressão utilizados foram arruamento, densidade demográfica, densidade de domicílios e destino do lixo domiciliar, além dos indicadores sócio-econômicos, como renda e escolaridade. Estes indicadores referentes ao município estão espacializados através dos setores censitários do IBGE e foram obtidos através do aplicativo Estatcart. As particularidades de tais dados sócio-econômicos foram espacializadas a fim de caracterizar e avaliar as diferenças ocupacionais e sócio-econômicas das diferentes unidades ambientais.

Arruamento

O geoindicador arruamento indica importantes aspectos referentes a circulação de veículos, concentração populacional, poluentes, aumento de calor conseqüente da mudança no albedo, e a outras atividades antrópicas que exercem pressão no ambiente. O arruamento pode interferir na drenagem através do estrangulamento do leito de canais em função de aterros, pontes, canalização, etc.

Além desses aspectos, o arruamento influencia diretamente no grau de impermeabilização do solo e, conseqüentemente, interfere na infiltração e escoamento superficial das águas

pluviais. O aumento do volume e velocidade do escoamento pluvial e fluvial altera o fluxo hídrico da bacia, portanto, ruas, avenidas, e obras de infra-estrutura, principalmente quando mal projetadas, potencializam impactos e aceleram o processo de desequilíbrio na bacia, comprometendo sua qualidade ambiental.

A tabela 04 apresenta os valores em km2 e a porcentagem corresponde à área coberta pelo arruamento (ruas, pontes e estradas) de cada unidade da bacia:

Tabela 04. Representatividade da área coberta por arruamentos por "unidade físico-ambiental"

Unidade	Área (Km2)	Arruamento (Km2)	Arruamento (%)
A1	23,22	3,28	14,10%
A2	25,17	1,62	6,43%
A3	16,65	1,48	8,88%
B1	12,26	2,60	21,20%
B2	8,3	1,37	16,00%
C	37,47	3,57	9,50%
D	18,85	0,98	5,20%
E1	0,95	0,17	17,90%
E2	0,86	0,05	5,80%
E3	6,5	0,21	3,30%
Bacia	150,25	15.33	10,20%

Na página seguinte, segue o mapeamento das unidades, demonstrando a cobertura de arruamentos e estradas que cada área possui. Estas informações colaboram na análise das condições do atual processo de ocupação da bacia e na compreensão de como este processo histórico se espacializou nas particularidades físicas da bacia.

Domicílios

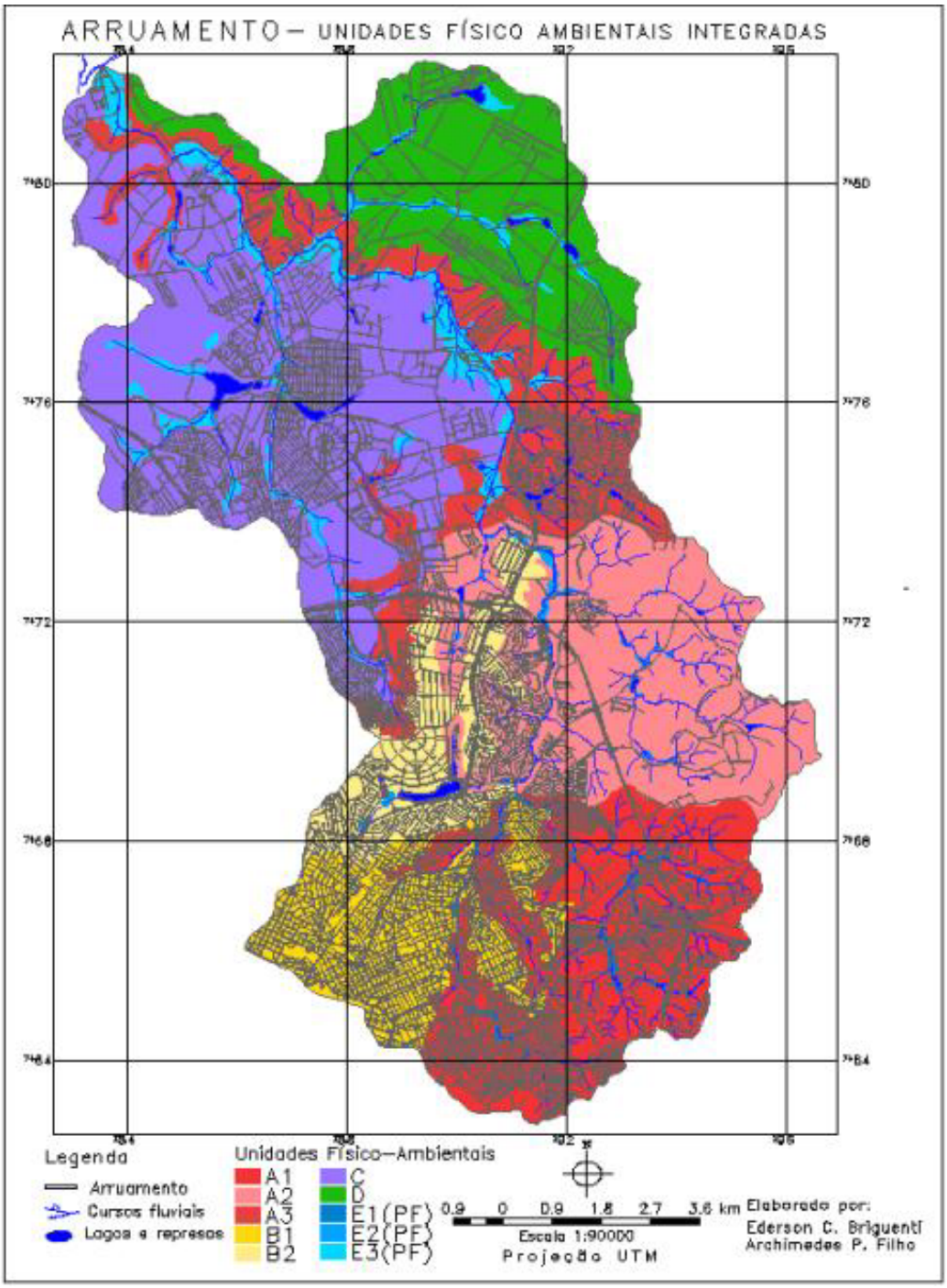
Os telhados, calçadas, pátios, calhas contribuem para o aumento da área impermeabilizada, dificultando a infiltração e interferindo no aumento do volume e velocidade de escoamento superficial. A concentração de domicílios torna-se um elemento a mais no aumento de impactos ambientais quando da ocorrência de eventos extremos de precipitação.

A concentração de domicílios tem relação direta com a densidade demográfica e com a maior atividade antrópica na área, interferindo no equilíbrio do sistema da bacia. Sendo assim, ressalta-se que a concentração de domicílios resulta em produção de esgoto, produção de lixo, impermeabilização do solo, modificando continuamente as condições ambientais da bacia. Na tabela 05, está representado o total de domicílios e a densidade:

Tabela 05. Densidade de domicílios por unidade físico-ambiental

Unidades	Área (Km2)	Domicílios	Densidade (dom./km2)
A1	23,22	24067	103
A2	25,17	7745	30
A3	16,65	2804	17
B1	12,26	37918	309
B2	8,3	9283	112
C	37,47	11144	29
D	18,85	1339	7
E1	0,95	819	86
E2	0,86	302	35
E3	6,5	322	5
Bacia	150,25	95743	63

O mapa na página seguinte espacializa a densidade de domicílios das diferentes unidades físico-ambientais. O mapa também demonstra como estão divididos os setores censitários do IBGE (fonte para o levantamento dos dados sócio-econômicos).

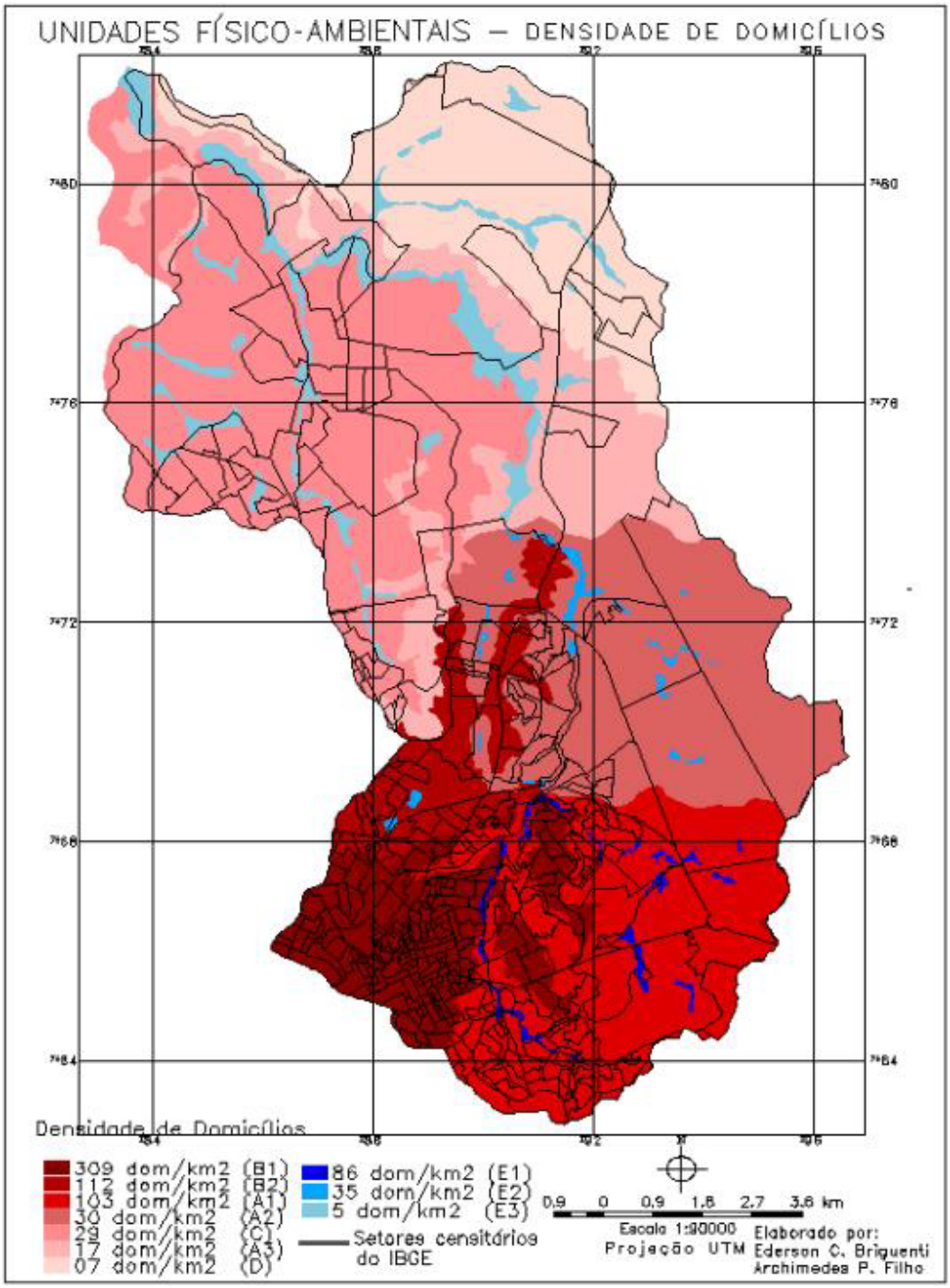


População

Pressupondo-se que quanto maior a densidade demográfica, maior será a pressão do fator populacional sobre as condições naturais do ambiente, a concentração populacional pode ocasionar um comprometimento dos recursos naturais e da qualidade de vida, pois o aumento populacional implica num aumento da produção de lixo e esgoto. Outro aspecto é uma maior interferência no clima local, decorrente de poluentes e produção artificial de calor da combustão, produzidos no processo de circulação de bens e pessoas. Inúmeros estudos demonstram a existência de um Clima Urbano, relacionando o desconforto térmico e problemas de saúde constatados com a formação de “ilhas de calor” decorrentes da aglomeração populacional de grandes centros. A tabela 06 apresenta dados aproximados da população absoluta e da densidade demográfica de cada unidade do Geossistema:

Tabela 06. Densidade demográfica das unidades físico-ambientais

Unidades	Área (Km2)	Habitantes	Densidade demográfica (hab/km2)
A1	23,22	75.837	326
A2	25,17	27.679	110
A3	16,65	9.608	57
B1	12,26	93.745	764
B2	8,3	29.922	360
C	37,47	37.310	100
D	18,85	4.320	23
E1	0,95	2.706	284
E2	0,86	1.103	128
E3	6,5	1.095	16
Bacia	150,25	283.325	188



Renda

Normalmente, a população mais afetada por impactos e problemas ambientais é justamente aquela que menos condições tem de se recuperar, pois, as áreas urbanas com maior possibilidade de sofrer impactos são as regiões baixas, que possuem menor valor imobiliário, sendo adquiridas pela população de baixo poder aquisitivo.

Paralelamente, nota-se a insuficiência de melhorias da infra-estrutura por parte de investimentos públicos e privados em tais áreas e bairros. Pouco investimento resulta em áreas desvalorizadas que, por sua vez, serão ocupadas por famílias de baixa renda. A renda familiar reflete em indicadores habitação, alimentação, saúde, lazer, escolaridade, violência e outros aspectos culturais e sócio-econômicos que podem comprometer a qualidade de vida de determinada comunidade.

A tabela 07 possui os valores em km2 e que expressam a percentagem da população com renda DE até 2 sálarios mínimos:

Tabela 07. Representatividade dos responsáveis que possuem renda de até 2 salários-mínimos por "unidade físico-ambiental integrada"

Unidades	Responsáveis c/até 2 salários mínimos	Densidade (resp./km2)	Responsáveis c/até 2 salários mínimos (%)
A1	3.473	15	14,4
A2	1.313	5,2	16,9
A3	448	2,7	15,9
B1	1.930	15,7	5
B2	839	10	8,9
C	1.179	3,1	10,5
D	250	1,3	18,6
E1	168	18,7	20,5
E2	115	13	38
E3	45	1,1	13,9
Bacia	9.760	6,5	10,2

Escolaridade

No que se refere aos níveis de escolaridade, este geoindicador reflete questões, como oportunidades de trabalho, renda familiar, trabalho infantil e condições de trabalho, estando estreitamente relacionado A questões sócio-econômicas.

Diante de tais observações, pode-se destacar a questão educacional como um indicador da própria qualidade de vida.

Abaixo, segue a tabela 08, que expressa o número de pessoas com mais de 5 anos não alfabetizadas que cada unidade possui:

Tabela 08. Representatividade das pessoas com mais de 5 anos não alfabetizadas por "unidade físico-ambiental integrada"

Unidades	Habitantes	Não-Alfabetizados (mais de 5 anos de idade)	Densidade (não-alf./km2)	Não-Alfabetizados (%)
A1	75.837	4.680	20,1	6,2
A2	28.185	2.100	8,3	7,5
A3	9.608	660	3,9	6,8
B1	93.745	1.868	15,2	2
B2	29.922	945	11,3	3,1

C	37.310	1.883	5	5
D	4.320	391	2	9
E1	2706	206	21,7	7,6
E2	1.103	205	23,8	18,5
E3	1.095	128	2	11,5
Bacia	283.325	13.066	8,7	4,61

Lixo/Destino

O acúmulo de lixo, principalmente nas proximidades de onde se vive, foi utilizado como geoindicador por contribuir na decadência gradual da qualidade e sanidade da própria condição humana. A quantidade de resíduos sólidos no ambiente compromete a qualidade do mesmo através de vetores de doenças, mau cheiro, degradação visual da paisagem e poluição do solo e recursos hídricos.

A tabela 09 destaca o número total de residências que têm o seu lixo jogado em terrenos baldios, logradouro ou em rio:

Tabela 09. Destino do lixo domiciliar. *O total de domicílios é referente às residências que têm seu lixo jogado em terrenos baldios, logradouros ou rio.

Unidades	Total de Domicílios *	Domicílios/km2	Domicílios (%)
A1	38	1,63	0,15
A2	53	2,1	0,68
A3	20	1,2	0,72
B1	0	0	0
B2	3	0,36	0,03
C	13	0,34	0,11
D	3	0,16	0,22
E1	62	65	7,51
E2	39	45	13,1
E3	6	1,08	1,8
Bacia	237	1,6	0,25

Geoindicadores sócio-econômicos: síntese

Tabela 10. Matriz com a síntese dos dados sócio-econômicos das unidades físico-ambientais

Unidades	Arruamento (%)	Domicílios (dom/km2)	Habitantes (hab/km2)	Renda (%)	Escolaridade (%)	Lixo/Destino (%)
A1	14,10%	103	326	14,4	6,2	0,15
A2	6,43%	30	110	16,9	7,5	0,68
A3	8,88%	17	57	15,9	6,8	0,72
B1	21,20%	309	764	5	2	0
B2	16,00%	112	360	8,9	3,1	0,03
C	9,50%	29	100	10,5	5	0,11
D	5,20%	7	23	18,6	9	0,22
E1	17,90%	86	284	20,5	7,6	7,51
E2	5,80%	35	128	38	18,5	13,1
E3	3,30%	5	16	13,9	11,5	1,8
Bacia	10,20%	63	188	10,2	4,61	0,25

Geoindicadores de Resposta

Como indicador de resposta foi utilizado o mapeamento das áreas verdes remanescente e parques urbanos existentes nas unidades (tabela. 11).

A escolha das áreas verdes e parques como geoindicador de resposta ponderou o grau de ocupação em que a bacia se encontra. Diante de tal cenário, a existência de remanescentes verdes e parques indica uma preocupação da sociedade frente às condições ambientais existentes. Estas áreas possuem influência direta na qualidade da paisagem, no lazer e na qualidade de vida das pessoas que as utilizam e/ou residem perto.

Tabela 11. Representatividade das áreas verdes e parques urbanos por unidade

Unidades	Área (Km2)	Áreas verdes e parques (km2)	Áreas verdes e parques (%)
A1	23,22	1,19	5,1
A2	25,17	1,2	4,8
A3	16,65	0,36	2,2
B1	12,26	0,04	0,3
B2	8,3	0,62	7,4
C	37,47	2,08	5,6
D	18,85	0,70	3,7
E1	0,95	0,06	6,3
E2	0,86	0,07	7
E3	6,5	0,58	9
Bacia	150,25	6,90	4,7

Índices de Qualidade Ambiental

Os índices com valores entre 0 e 1 foram definidos segundo os critérios discutidos anteriormente, que, em suma, consideraram as particularidades da fragilidade natural dos aspectos físicos (indicadores de estado), a pressão dos indicadores sócio-econômicos (indicadores de pressão) e o percentual das unidades cobertas por áreas verdes e parques urbanos (indicador de resposta). Estes valores, integrados, resultam nos índices de qualidade ambiental de cada unidade da bacia (tabela 12).

Tabela 12. Geoindicadores e os índices da avaliação ambiental de cada "unidade físico-ambiental integrada".

	Unidades Fisico-Ambientais Integradas									
Geoindicadores	**A1**	**A2**	**A3**	**B1**	**B2**	**C**	**D**	**E1**	**E2**	**E3**
Indicadores de estado										
Classes de declividade-%	0,1	0,2	0,4	0,6	0,5	0,8	0,9	0	0	0
Formas de relevo	0,1	0,2	0,4	0,8	0,8	0,9	0,9	0	0	0
Solos	0,5	0,5	0,5	0,8	0,8	0,9	0,9	0	0	0
Densidade de rios-dr/km2	0	0,13	0,7	0,93	0,94	0,9	0,96	#	#	#
índice parcial	0,18	0,26	0,50	0,73	0,71	0,85	0,89	0,00	0,00	0,00
Indicadores de pressão										
Densidade demográfica (hab/km2)	0,58	0,86	0,93	0	0,53	0,87	0,97	0,63	0,83	0,98
Densidade de arruamentos (km2/km2)	0,34	0,7	0,59	0	0,25	0,56	0,76	0,15	0,72	0,85
Densidade de domicílios (d/km2)	0,67	0,9	0,95	0	0,64	0,91	0,98	0,72	0,89	0,99
Não-alfabetizados com mais de 5 anos (%)	0,67	0,6	0,64	0,9	0,84	0,73	0,52	0,59	0	0,38

Responsáveis c/até 2 salários-mínimos (%)	0,63	0,56	0,59	0,87	0,77	0,73	0,52	0,46	0	0,64
Lixo/Destino em terrenos e rios (%)	0,98	0,95	0,94	1	1	1	0,99	0,43	0	0,87
índice parcial	0,65	0,76	0,77	0,46	0,67	0,80	0,79	0,50	0,41	0,79
Indicador de resposta										
Território protegido e parques urbanos (%)	0,56	0,53	0,24	0,03	0,82	0,63	0,41	0,7	0,77	1
Índice										
Qualidade ambiental	0,46	0,52	0,50	0,42	0,75	0,77	0,71	0,40	0,39	0,60

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Qualidade ambiental das unidades

Os índices que mensuram a qualidade ambiental variam entre os valores 0 e 1. O menor valor (0) representa a pior situação, portanto, as unidades que obtiveram os índices mais próximos de 0 possuem os piores índices de qualidade ambiental, enquanto que os mais próximos de 1 representam os melhores índices de qualidade ambiental.

Cabe relembrar, que os valores foram definidos tendo como parâmetro a pior situação dos geoindicadores dentre as condições ou características das unidades do próprio Geossistema, que recebeu valor 0. Os valores das unidades restantes foram calculados através deste referencial.

Utilizando-se dos índices de avaliação ambiental, foi possível abordar os principais aspectos físicos, sócio-econômicos e ocupacionais que caracterizam as unidades ambientais, procurando relacionar estes aspectos aos fatos e processos históricos ocorridos na bacia do Anhumas. Algumas destas relações foram abordadas na discussão da qualidade ambiental das unidades expostas nas páginas seguintes, onde, procurou-se relacionar o índice de cada unidade com condições físicas, sócio-ecônomicas e históricas dos bairros localizados nestas áreas.

É importante ressaltar, que esta avaliação deve ser utilizada como um elemento a mais para colaborar nas decisões de onde e como aplicar os investimentos para a melhoria de condições ambientais. Esclarece-se que tal índice não deve ser interpretado como um valor rígido que expressa, de forma quantitativa, exatamente a qualidade ambiental do lugar em que se vive.

Deste modo, a partir dos resultados da metodologia aplicada, obteve-se uma análise quantitativa da qualidade ambiental das diferentes unidades da bacia. Esta qualidade expressa, através de índices, as áreas ambientalmente críticas, colaborando assim, para com a tomada de decisão da gestão territorial.

Conclusões

Considerando a discussão acima realizada, juntamente com a interpretação dos índices de avaliação ambiental, proporcionaram uma abordagem integrada das particularidades físicas e ocupacionais de cada unidade geossistemica. Assim, procurou-se realizar algumas considerações e conclusões relevantes para a compreensão das condições e dinâmicas atuais da bacia de forma sistêmica. Desta forma, podemos concluir que:

O Alto curso da bacia (unidades ***B1*** e ***A1*** e ***E1***), por possuir 80% de sua área urbanizada e com seus canais fluviais revestidos e degradados, possui alto grau de impermeabilização

provocando fortes enxurradas e aguaceiros. Estes impactos se agravam na unidade E1, com a canalização de córregos e a ausência de vegetação ciliar.

No Médio curso (principalmente unidades ***A2*** e ***E2***) verifica-se que muitos locais sofrem com o aumento do volume e velocidade do escoamento superficial, principalmente decorrentes da alta taxa de impermeabilização do alto curso, ocorrendo o solapamento nas margens dos rios encaixados e inundações em áreas que apresentam planícies fluviais no médio e baixo curso.

O Baixo curso, que apresenta amplos e extensos vales (unidade ***E3*** - 80% das planícies fluviais da bacia), sofrem cheias principalmente sazonais com um aumento gradual do nível do ribeirão Anhumas.

As unidades ***B1*** e ***E1*** que receberam os primeiros assentamentos em meados do século XVIII, atualmente concentram o processo de verticalização do município.

Nas unidades ***A1*** e ***B2***, loteadas num segundo momento do processo de ocupação, caracterizam uma proximidade de bairros com fortes contrastes sócio-econômicos.

Nas unidades ***A1***, ***A2*** e ***E2*** a população de baixa renda está predominantemente, localizada em áreas íngremes ou em margens de córregos.

Juntas, as unidades ***C*** e ***D*** apresentam tendências de ocupação mais recente. Em geral nota-se a procura de áreas localizadas no baixo curso (unidades ***C, D, E3*** e ***A3***), afastadas portanto, de áreas centrais no alto curso da bacia.

Constata-se na unidade ***C*** uma crescente valorização e especulação de suas terras, havendo o parcelamento do solo de áreas incorporadas à malha urbana, principalmente como áreas residenciais e condomínios fechados. Destaca-se a necessidade de estudos locais e dimensionamento de obras (piscinões, canais, rede de drenagem pluvial, etc), projetos levando em consideração os aspectos dos elementos físicos e o processo histórico de ocupação.

As áreas de maior fragilidade natural (unidades ***E1*** e ***E2***), apresentam os piores indicadores de renda, escolaridade e destino do lixo. Desta forma, podemos constatar que justamente as áreas de maior fragilidade natural pelo risco potencial de sofrerem impactos são aquelas que apresentam os piores indicadores sócio-ecônomicos da bacia,, demonstrando que que a população mais afetada é justamente aquela que menos condições tem de se recuperar frente aos desastres e prejuízos materiais que estão submetidos.

REFERÊNCIAS

BOLLMANN, H. A. Metodologia para avaliação ambiental integrada. In: BARRELLA, V.; MAIA, N. B.; MARTOS, H. L. (Org.). *Indicadores Ambientais: conceitos e aplicações.* São Paulo: Educ, 2001.

BRIGUENTI, E.C. *Mapeamento das áreas com risco de inundação na bacia do ribeirão Anhumas, Campinas/SP*. Monografia (Bacharelado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente. 2001.

CHRISTOFOLETTI, A. *Caracterização de indicadores geomorfológicos para a análise da sustentabilidade ambiental*. Sociedade e Natureza, 1996.

CHRISTOFOLETTI, A. *Modelagem de Sistemas Ambientais*. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

CHRISTOFOLETTI, A. *Condicionantes geomorfológicos e hidrológicas aos programas de desenvolvimento*. Rio Claro/SP: Unesp, 1995.

CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T. Degradação Ambiental. In: CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T. (Org). *Geomorfologia e Meio Ambiente.* 3 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000.

GARCIAS, C. M. Indicadores de qualidade urbana. In: BARRELLA, V.; MAIA, N. B.; MARTOS, H. L. (Org.). *Indicadores Ambientais: conceitos e aplicações.* São Paulo: Educ, 2001.

IBGE. *Estatcart – Sistema de recuperação de informações georreferenciadas*. versão 1.0. IBGE, 2002.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. *Manual de Ocupação de Encostas*. São Paulo, 1991

LATRUBESSE, E. M. *Proposta Metodológica para Desenvolvimento de Índices e Indicadores para a Avaliação de Qualidade Ambiental*. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 2002.

LIMA, J. O. *Indicadores ambientais aplicados na avaliação da qualidade ambiental, município de Morrinhos, Goiânia/GO*. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade Federal de Goiás. 2002.

MACHADO, L. M. C. P. Qualidade Ambiental: indicadores quantitativos e perceptivos. In: MAIA, N. B.; MARTOS, H. L. (Org). *Indicadores Ambientais*. Sorocaba [s.n.], 1997.

MONTEIRO, C. A. F. *Geossistemas: a história de uma procura*. São Paulo: Contexto, 2000.

MORIN, E. *O método - I: A natureza da NATUREZA*. Publicações Europa-América, Lda. 1977.

OECD . *Core set of indicators for environmental performace reviews*. OECD, Paris. 1993.

PIRES NETO, A.G.; CASTRO, S.P.; MENDES, E.A. & GOULART, A.C.. *Mapa geomorfológico do município de Campinas*. São Paulo: Instituto Geológico. 1993a

ROSS, J. L. S. Geomorfologia Ambiental. In: CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T. (Org). *Geomorfologia do Brasil.* 2 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

ROSS, J. L. S. *Geomorfologia: ambiente e planejamento*. 5 ed. São Paulo: Contexto, 2000.

SANTIN, D. A. *A Vegetação remanescente do município de Campinas (SP): mapeamento, caracterização fisionômica e florística, visando a conservação*. Tese de Doutorado. Campinas: Universidade Estadual de Campinas.1999.

SANTOS, A. C. *Campinas, das origens ao futuro: Compra e venda de terra e água e um tombamento na primeira sesmaria da Freguesia de Nossa Senhora da Conceição das Campinas do Mato Grosso de Jundiaí*. Campinas/SP: Editora da Unicamp. 2002.

SÃO PAULO (Governo do Estado) *Cartas topográficas, escala 1:10.000. Plano cartográfico do estado de São Paulo*: Secretaria de Economia e Planejamento (11 cartas). 1979.

SERRA, A. L. R. C. *Indicadores de pressão para o córrego do Piçarrão*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas: Unicamp. 2002.

SPRING. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Versão 4.0. 2004.